

PENERAPAN PENJAMAKAN SINKRON PADA JARINGAN SDH

The Application of Synchronous Multiplexing of SDH Network

Kholistianingsih

Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

ABSTRACT

SDH (Synchronous Digital Hierarchy) is a multiplexing system based on TDM (Synchronous Digital Hierarchy) that is a frame is divided in to timeslot (path) and contains payload and overhead, which enable to transmit various different services and different bit rate in the same frame. The application of synchronous multiplexing of SDH Network becomes an interface for various telecommunication signal processing.

Keywords : SDH, multiplexing, payload, overhead, interface

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia, meningkat pula perkembangan telekomunikasi. Oleh karena tuntutan manusia untuk berhubungan dengan orang lain secara cepat dan akurat, mendorong usaha untuk menemukan sistem telekomunikasi yang mampu memenuhi kebutuhan tersebut.

Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penyelenggaraan sistem telekomunikasi yang dapat memenuhi kebutuhan sekarang dan masa mendatang, antara lain:

- 1) kuantitas isyarat yang dikirim atau diterima, yaitu semakin bercorak isyarat yang dapat dikirim atau diterima,
- 2) kualitas isyarat yang dikirim atau diterima, ditentukan oleh kekebalan derau baik dari lingkungan maupun dari sistemnya sendiri,
- 3) umur pakai (*life-time*) sistem telekomunikasi, yaitu semakin lama semakin baik,
- 4) biaya pembangunan sistem telekomunikasi, yaitu diusahakan serendah mungkin.

Salah satu sistem komunikasi yang dikembangkan sekarang ini adalah sistem komunikasi serat optis. Prinsip komunikasi serat optis ini adalah pengubahan isyarat listrik menjadi isyarat cahaya pada bagian pengirim, dan pengubahan isyarat cahaya menjadi isyarat listrik pada bagian

penerima. Sistem ini memberikan banyak keuntungan antara lain:

- 1) memiliki transfer data yang sangat tinggi,
- 2) biaya saluran yang rendah, karena bahan yang digunakan adalah silikon dioksida yang banyak terdapat di bumi,
- 3) memiliki kapasitas informasi yang tinggi, yaitu sampai dengan skala giga bit,
- 4) ukuran yang kecil,
- 5) kekebalan terhadap derau yang baik.

Serat optis mampu mengirimkan informasi dalam kapasitas yang sangat besar, oleh karena itu diperlukan suatu sistem penjamakan yang dapat menggabungkan sinyal sampai skala gigabit tersebut. Pada sistem komunikasi serat optis dengan menggunakan teknologi *PDH* (*Plesynchronous Digital Hierarchy*), kecepatan pengiriman sinyal hanya 140 Mbps. Hal ini mendorong adanya peralihan besar-besaran dari *PDH* ke *SDH* (*Synchronous Digital Hierarchy*). *SDH* menjadi dasar bagi penggelaran *B-ISDN* yang merupakan teknologi yang akan dikembangkan dalam pertelekomunikasian, membutuhkan pasal bit 155 Mbps sampai dengan 2,5 Gbps.

Sistem telekomunikasi adalah masalah yang menyangkut seluruh negara di dunia. Kemajuan dalam bidang telekomunikasi dapat dilihat dari daerah yang dapat dicakup. Ada dua kelompok sistem penjamakan asinkron yang digunakan di

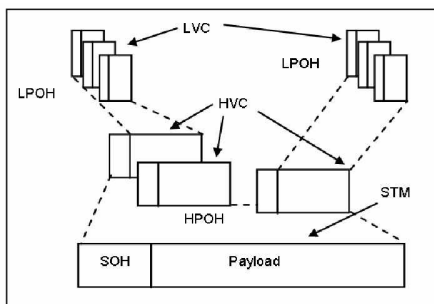
dunia yaitu sistem Eropa (CEPT/E1) dengan kecepatan bit 2,048 Mbps dan sistem Amerika Utara (T1) dengan kecepatan bit 1,544 Mbps. Hal yang menjadi masalah adalah bagaimana mempersatukan dua sistem yang berbeda tersebut. Oleh karena itu, diusahakan suatu antar muka yang dapat diterima keduanya.

Synchronous Digital Hierarchy atau SDH merupakan jawaban atas kebutuhan sistem yang mempunyai kapasitas besar dan keandalan tinggi dan dapat mengatasi masalah perbedaan kecepatan bit antara sistem Eropa (CEPT/ E1) dan sistem Amerika Utara (T1). SDH memiliki antarmuka yang mampu menggabungkan sinyal dengan kecepatan yang berbeda-beda.

SDH adalah sistem penjamakan berdasarkan TDM (*Time Division Multiplexing*) dengan suatu bingkai dibagi-bagi dalam alur-alur waktu (*path*) dan mencakup *payload* (muatan) dan *overhead* (OH) yang memungkinkan SDH dapat menyalurkan berbagai layanan yang berbeda dengan kecepatan yang berbeda pula (misalkan kanal telepon, citra, dan kanal video) dalam bingkai yang sama (CCITT dalam Reid and Sexton, 1992).

PRINSIP PENJAMAKAN SINKRON

Prinsip Penjamakan Sinkron ditunjukkan pada gambar 1. Sebuah STM (*Synchronous Transport Module*) disusun berdasarkan bingkai 125 μ detik yang membentuk dasar transmisi lapisan. Format transmisi lapisan *section* terdiri atas informasi lapisan klien yang dikirimkan dan *section overhead* (SOH). Informasi yang dikirimkan dinamakan *payload* (muatan). SOH terdiri atas kata sinkronisasi untuk mengidentifikasi awal bingkai dan informasi tambahan yang diperlukan untuk manajemen lapisan *section* dan adaptasi dengan lapisan *path*.



Gambar 1 Prinsip penjamakan sinkron

Kapasitas *payload* lapisan *section* terdiri atas sejumlah HVC (*Higher Virtual Container*) yang masing-masing berisi *overhead* dan *payload*. *Payload* HVC dibagi menjadi LVC (*Lower Order Virtual Container*) yang juga berisi *payload* dan *overhead*. HVC dan LVC disebut dengan kemasan maya (*virtual container/VC*) karena berisi informasi lapisan klien pada *payload*-nya, tapi merupakan kesatuan logika yang hanya ada dalam STM.

Struktur Bingkai SDH

Struktur bingkai SDH disebut dengan STM-1 (*Synchronous Transport Module-1*) yang terdiri atas susunan *byte-byte* yang berulang setiap 125 μ detik (berarti 64 Kbps). Secara keseluruhan bingkai STM-1 terdiri atas 270 x 9 byte. Sehingga kecepatan STM-1 adalah

$$270 \times 9 \times 64 \text{ kbps} = 155,520 \text{ Mbps.}$$

Synchronous Transport Module-1 (STM) adalah struktur *transport* dasar yang digunakan untuk membangkitkan struktur *transport* dengan kecepatan yang lebih besar. Struktur bingkai STM-1 merupakan sinyal dengan kecepatan bit dasar pada SDH yaitu 155,52 Mbps. Ini merupakan kecepatan bit terendah yang ditransmisikan oleh SDH melalui serat optis maupun gelombang mikro.

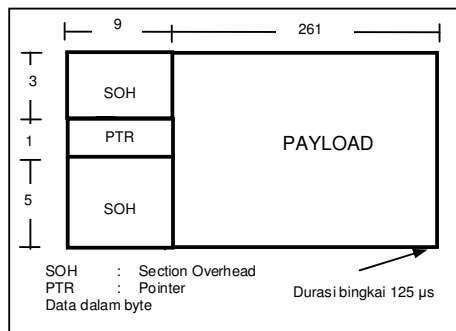
Bingkai STM-1 terdiri atas tiga blok dasar yaitu.

- 1) Blok *Section Overhead*
Blok SOH ini berukuran 8 x 9 byte, berisi *byte-byte* yang diperlukan untuk transmisi SDH secara handal antara lain *byte* untuk sinkronisasi bingkai, *byte* untuk pengecekan kesalahan dan *byte-byte* untuk keperluan operasional. SOH dibagi menjadi:
 - a) *Regenerator Section Overhead* (RSOH) yang berisi *byte-byte overhead* sebanyak 3 x 9 byte yang dibutuhkan untuk pengendalian muatan dari satu simpul ke simpul berikutnya.
 - b) *Multiplex Section Overhead* (MSOH) yang berisi *byte-byte overhead* sebanyak 5 x 9 byte, digunakan untuk pengendalian tiap *section* antar dua simpul multiplexer atau *crossconnect*, yang secara transparan melewati fungsi regenerator
- 2) Blok *Sinyal Informasi (Payload)*

Blok *payload* ini berukuran 9 x 261 *byte* yang disebut VC-4, digunakan untuk memuat sinyal PDH mulai dari 2 Mbps sampai dengan 140 Mbps (CCITT G.703). Pada blok ini terdapat *byte-byte overhead* yang digunakan untuk pengendalian kualitas jalur dari suatu simpul ke simpul yang lain yang dinamakan *path overhead* (POH).

3) Blok *Pointer*

Blok *Pointer* ini berukuran 1 x 9 *byte*, berisi *byte-byte* yang digunakan untuk mengatur peletakan kemasan maya (VC) dalam muatan. Hubungan fasa antara *byte-byte* informasi (*payload*) dalam bingkai SDH ditunjukkan dengan *pointer*. Dengan teknik *pointer*, *byte-byte* informasi dapat diambil secara cepat tanpa proses *demultiplekser* seperti pada PDH.



Gambar 2 Struktur bingkai STM-1

Susunan *byte-byte* dalam struktur bingkai *STM-1* seperti terlihat pada gambar 2. *Byte-byte* dalam bingkai *STM-1* ditransmisikan baris perbaris, diawali dengan *byte* pada baris pertama kolom pertama sampai dengan baris pertama kolom ke-270, kembali ke baris kedua kolom pertama dan seterusnya.

Beberapa bingkai *STM-1* dapat digabungkan dan menghasilkan *STM-N* (*Synchronous Transport Module-N*) dengan metode *byte interleaving*. Rekomendasi G.707 CCITT mendefinisikan tiga struktur *STM-1*, *STM-4*, dan *STM-16* dengan kecepatan data serial sebesar 155,52 Mbps, 622,08 Mbps, dan 2488,32 Mbps.

Struktur bingkai *STM-N* sama dengan struktur bingkai *STM-1*, perbedaannya hanya dalam interval 125 μ detik dikirimkan sinyal sebesar $N \times 9 \times 270$ *byte*. Bingkai *STM-N* yang terdiri dari tiga blok dasar yaitu *SOH*, *payload*, dan *pointer* dengan N sinyal dasar tersusun secara *byte per byte*.

Bagian-bagian Penjamakan Sinkron

1) *Container*

Yaitu suatu kapasitas transmisi yang besarnya sudah ditentukan, yang digunakan untuk keperluan transmisi sinyal *tributary* ke dalam jaringan sinkron.

Tabel 1 Jenis-jenis *container*

Simbol	Kecepatan bit sinyal yang ditransmisikan (kbps)
C-11	1.544
C-12	2.048
C-2	6.312
C-3	34.368 atau 44.736
C-4	139.264

Bagian-bagian *Container*:

- Blok Informasi yang berisi sinyal yang dikirimkan.
- Fixed stuff bytes/bits*, yang merupakan *byte-byte* atau bit-bit yang hanya dipakai untuk memenuhi suatu *container* yang sifatnya tetap dan tidak berisi informasi. Berfungsi untuk menyesuaikan kecepatan bit dari sinyal PDH ke dalam kecepatan bit suatu *container* yang telah ditentukan.
- Justification opportunity* bits yang merupakan bit-bit yang digunakan untuk penyesuaian yang lebih akurat dan berisi informasi atau hanya bit-bit kosong tergantung kebutuhan.
- Justification control bits* yaitu bit-bit pengontrol *stuffing* untuk memberitahu penerima apakah *justification opportunity bits* berisi informasi atau hanya bit *stuffing*.

- Virtual Container*/Kemasan maya adalah *container* yang ditambah dengan *byte-byte* untuk pengawasan *container* tersebut di dalam suatu *path* (*path overhead/POH*). Ada dua jenis yaitu:
 - High Order-VC/HO-VC*
 - Low Order-VC/LO-VC*

3) *Administrative Unit* (AU)

Yaitu bagian dari bingkai *STM-1* dimana posisi *HO-VC* bersifat fleksibel.

AU merupakan struktur informasi yang memberikan fungsi adaptasi antara lapisan jalur orde tinggi dan lapisan bagian penjamakan. Beberapa buah AU dapat digabungkan menjadi *AUG* (*Administrative Unit Group*)

4) Tributary Unit

Tributary Unit tersusun atas *LO-VC* dan *TU pointer* yang berfungsi menunjukkan posisinya dalam *HO-VC*. Beberapa buah *TU* dapat digabungkan menjadi *TUG* (*Tributary Unit Group*)

5) Pointer

Yaitu bit-bit tertentu yang disisipkan untuk tujuan sinkronisasi blok informasi di dalam suatu bingkai dan sinkronisasi dari bingkai yang kecil ke bingkai yang lebih besar. Letak *byte-byte pointer* di dalam suatu bingkai adalah tetap dan berisi alamat dari *byte* pertama *VC* (*byte POH* yang pertama).

Jenis-jenis *pointer* :

- AU-pointer* yang berfungsi untuk membuat posisi *VC-3* dan *VC-4* fleksibel dalam bingkai *AU*
- TU-pointer* yang berfungsi untuk menunjukkan posisi *VC-3* dalam *VC-4*, *VC-11*, *VC-12*, dan *VC-2* dalam bingkai *VC-3* dan *VC-4*.

Proses Penjamakan Sinkron

Sinyal informasi/*payload* akan disusun ke dalam *STM-1* dengan menambahkan

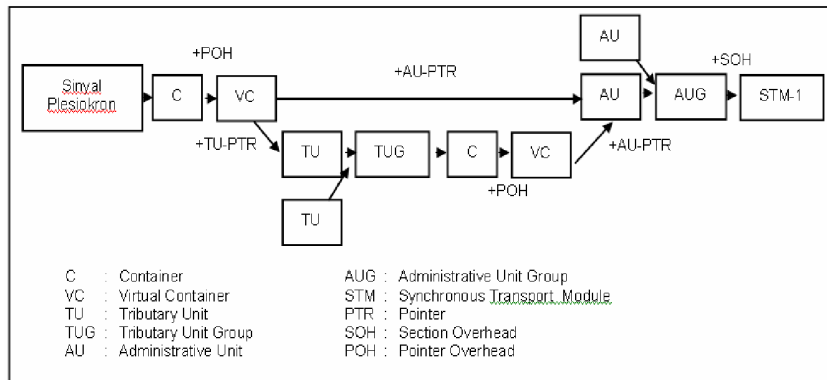
byte-byte overhead dan *pointer*. Proses penggabungan tersebut dilakukan secara bertahap. Kemasan maya atau *VC* didapatkan dengan menambahkan *byte path overhead* pada *container*. *Virtual Container* dipetakan pada *AU* dengan *AU-pointer* sebagai informasi alamat. Alat transportasi utama yang digunakan pada SDH yaitu lapisan lintasan (*path*). Ada dua jenis yaitu :

- Lapisan *path* orde tinggi yang menyediakan kapasitas besar untuk dikirimkan melintasi jaringan SDH.
- Lapisan *path* orde rendah yang menyediakan kapasitas yang kecil untuk dikirimkan melintasi jaringan SDH

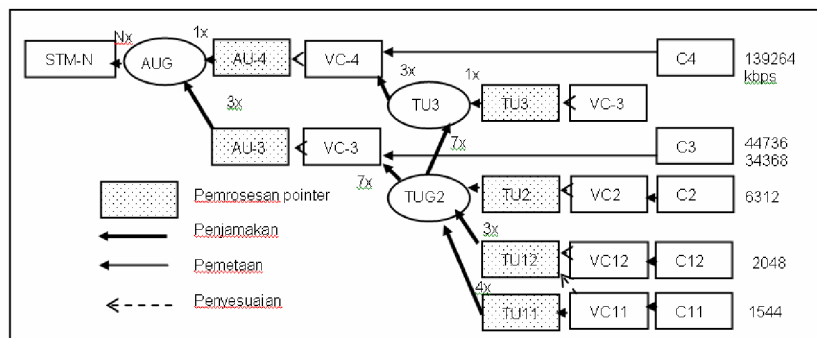
Gambar 4 menerangkan proses penjamakan sinkron dari aras yang paling rendah hingga membentuk bingkai *STM-N*.

A. Pemetaan sinyal Sinkron

Sinyal sinkron yang dimaksudkan di sini berasal dari sinkronisasi *clock* acuan dengan stabilitas yang tinggi. Sinyal ini paling penting dan paling banyak karena pengaruh *ISDN* dan *switching* digital yang



Gambar 3 Terminologi dari *container*



Gambar 4 Struktur penjamakan sinkron

besar dalam membangun jaringan telekomunikasi modern. Sinyal lapisan rangkaian yang merupakan bingkai sinkron dipetakan pada posisi *byte* yang tetap dalam VC SDH dengan frekuensi dan fasa bingkainya diperoleh dari frekuensi dan fase bingkai sinyal lapisan rangkaian.

Dari hasil pencuplikan, setiap kanal diwakilkan dengan kecepatan 64 Kbps, baik dari kelompok 24 kanal maupun 30 kanal untuk transmisi digital pada kecepatan primer PDH. Kanal 64 Kbps ini dapat berasal dari PSTN atau *Digital Crossconnect System (DCS)* atau dapat juga dari peralatan penjamakan yang merupakan bagian dari *Digital Loop Carrier (DLC)* yang sinkron. Untuk peralihan dari PDH ke SDH, pemetaan dilakukan dan dipilih VC SDH yang paling kecil yaitu VC-11 untuk kelompok 24 kanal dan VC-12 untuk kelompok 30 kanal. Ada 2 kemungkinan untuk memetakan sinyal 64 Kbps ini, yaitu :

- Mode Mengapung (*floating mode*)**
Pada mode mengapung, dibentuk multibingkai 500 μ detik dari 4 buah VC-12 atau VC-11. Multibingkai VC-11 mempunyai 7 *byte* cadangan sedangkan multibingkai VC-12 mempunyai 15 *byte* cadangan.
- Mode Terkunci (*Locked Mode*)**
Pada mode terkunci, posisi VC di dalam struktur bingkai yang lebih besar sifatnya tetap.

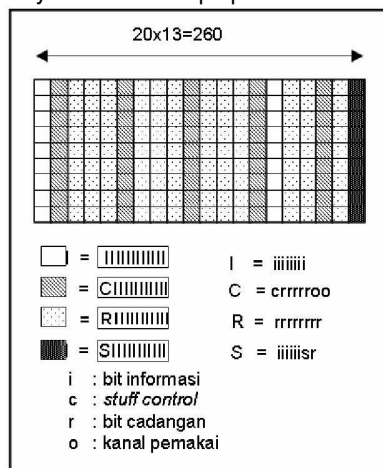
B. Pemetaan Sinyal Pleisinkron

Sinyal plesinkron merupakan sinyal dengan kecepatan tetap tetapi tidak dikendalikan dengan cukup baik untuk pencarian oleh *pointer* SDH. Pengolahan pada terminal lebih baik bila memasukan sinyal PDH pada SDH, mengganti sinyal lapisan rangkaian dan mengirimnya langsung dalam VC SDH.

- Pemetaan sinyal PDH orde rendah pada VC**
Bingkai penyisipan dibentuk dengan menggunakan *byte* cadangan untuk membuat satu bit *Justification opportunity* positif dan satu bit *Justification opportunity* negatif pada bingkai VC 500 μ s. Tiga bit pengisi kanal disediakan pada desinkronisasi untuk mengatasi kesalahan transmisi. Proses ini disebut justifikasi positif-negatif.

- Pemetaan Sinyal PDH orde tinggi pada VC**

Metode yang dilakukan dengan *positive-zero-negative stuffing*. Gambar 5 menunjukkan pemetaan sinyal 139.264 Kbps pada VC-4.



Gambar 5 Pemetaan sinyal 139.264 kbps pada VC-4

C. Pemetaan Sinyal Asinkron

Sinyal asinkron adalah sinyal dengan kecepatan yang tidak tetap. Sinyal komunikasi data dengan B-ISDN yang didasarkan pada *Asynchronous Transfer Mode (ATM)* termasuk dalam jenis sinyal ini.

Rekomendasi *B-ISDN* yang disetujui CCITT tahun 1990 (Reid and Sexton, 1992) menentukan ukuran sel ATM sebesar 53 *byte* yang terdiri atas 5 *byte* header dan 48 *byte* informasi. Untuk dipetakan pada SDH dibuat fungsi adaptasi, yaitu jika kekecepatannya tidak memenuhi bingkai SDH maka disisipkan sel nol, dan akan menahan sumber jika kekecepatannya melebihi. Oleh karena itu aliran sel yang dikirimkan mempunyai kecepatan yang sinkron dengan *container* SDH.

Pemetaan ATM pada SDH yaitu melalui VC-4 dan VC-4-4c. Batas sel pada bingkai SDH menempati posisi yang tidak sama. Hal ini tidak menjadi masalah seperti aliran sel membawa mekanisme rencana sel mereka sendiri dalam bentuk *header error check (HEC)*. Sekalipun demikian, pemetaan VC-4 menyediakan indikator posisi sel dalam *byte* H4 pada POH yang digunakan dalam proses rencana sel. H4 ini berupa nilai biner yang sama dengan jumlah *byte* dari H4 ke *byte* pertama pada sel pertama setelah H4. Nilai maksimumnya 52. Indikator posisi sel ini dapat digunakan

untuk menolong rencana sel dalam fungsi adaptasi.

Dalam pemetaan VC-4-4c, *payload* mampu menggunakan sel empat kali *payload* VC-4. Tiga kolom pengisi tetap dimasukan dalam posisi POH VC-4.

PENERAPAN PENJAMAKAN SINKRON PADA JARINGAN SDH

SDH merupakan sistem *multiplexing* atau penjamakan dengan sinyal komponen input berjalan sinkron terhadap *outputnya*. Sinyal *input* disebut sebagai sinyal agregat atau *agregat port*.

Jaringan SDH akan berfungsi bersama dengan suatu sistem operasi dan pemeliharaan terpusat yaitu dengan suatu *Telecommunication Management Network* (TMN) terpusat yang digunakan untuk operasi dan pemeliharaan elemen-elemen jaringan SDH.

Elemen-elemen Jaringan SDH

Elemen-elemen jaringan yang dimiliki SDH ada empat, yaitu *Terminal Multiplexer*, *Add and Drop Multiplexer*, *SDH Repeater*, dan *Digital Crossconnect*. Seluruh elemen jaringan tersebut dapat diakses oleh suatu TMN (*Telecommunication Management Network*) untuk operasi dan pemeliharaan elemen jaringan itu sendiri maupun jaringan keseluruhan.

a) Terminal Multiplexer

Multiplexer ini berfungsi sebagai antarmuka antara sinyal PDH dan sinyal SDH, dan menggabungkan sinyal-sinyal SDH orde rendah menjadi sinyal-sinyal orde tinggi. *Multiplexer* ini mampu menjamak dari sinyal dengan kecepatan transmisi rendah menjadi sinyal dasar STM-1. Penjamakan paling tinggi yang sekarang ini dapat dilakukan sampai dengan STM-16 yang mempunyai kecepatan transmisi 2,5 Gbit/detik. Suatu *multiplexer* akan menjadi bagian dari SDXC (*Synchronous Digital Crossconnect*) dan ADM (*Add-Drop Multiplexer*).

b) Add-Drop Multiplexer (ADM)

Sesuai dengan definisi CCITT (Balcer, 1990), setiap sinyal *tributary* (VC) dalam suatu ADM dapat di-*drop* dari jalur sinyal utama dan dikeluarkan ke setiap *output* (*tributary interface*). Pada arah lain, setiap *tributary* dari setiap input dapat ditambahkan ke

setiap *timeslot* dari bingkai STM-N pada sinyal *out going*. Ini berarti terdapat koneksi penuh antara jalur utama dan jalur cabang.

c) SDH Repeater

SDH Repeater berfungsi untuk meregenerasi sinyal SDH yang datang. Regenerator sinkron juga melakukan pengawasan terhadap kualitas transmisi

d) Digital Crossconnect (DXC)

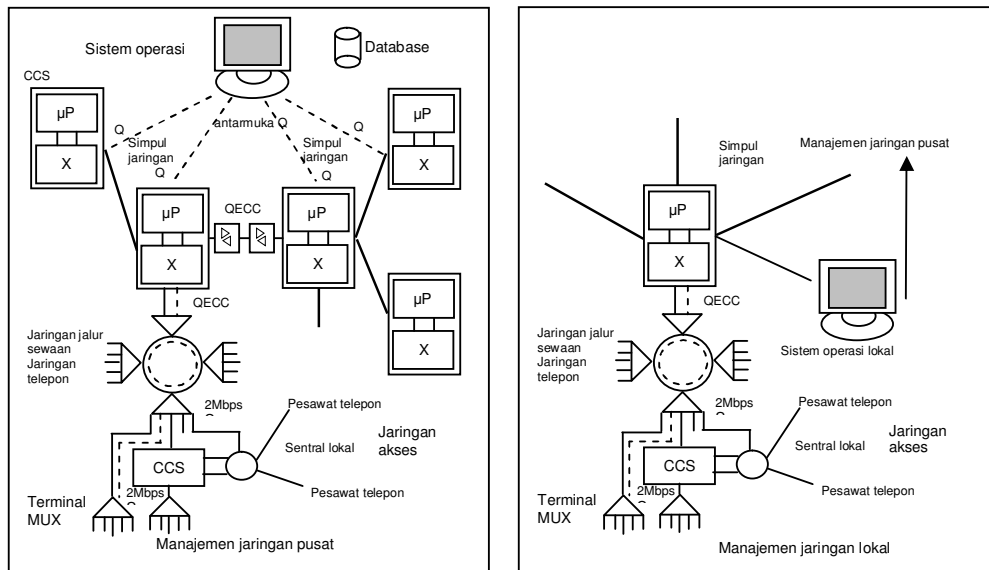
Merupakan suatu kelebihan penjamak SDH dibandingkan PDH adalah kemampuan untuk menjamak sinyal-sinyal dengan kecepatan bit yang berbeda. Fasilitas ini dipenuhi dengan adanya elemen jaringan yang disebut *Digital Crossconnect (DXC)*. *Digital Crossconnect (DXC)* memungkinkan pensaklaran saluran-saluran transmisi dengan bitrate yang berbeda. DXC juga dapat menambah/menyisipkan dan men-*drop* sinyal-sinyal orde rendah.

Manajemen Jaringan SDH

Salah satu keuntungan SDH dibandingkan dengan sistem PDH adalah bahwa jaringan SDH akan berfungsi bersama dengan suatu sistem operasi dan pemeliharaan terpusat (Balcer, 1990). Hal ini berarti bahwa suatu *Telecommunication Management Network* (TMN) terpusat dapat digunakan untuk operasi dan pemeliharaan elemen-elemen jaringan SDH.

Penerapan manajemen jaringan ditunjukkan pada gambar 6. Pada jaringan manajemen pusat, pengontrol simpul jaringan dapat berfungsi sebagai *Mediation Device (MD)*. Disamping alamat-alamatnya sendiri, masing-masing elemen jaringan harus mengirimkan data yang dibawa dalam sinyal digital, konfigurasi (penggunaan port, konfigurasi matriks saklar) serta hasil-hasil pengawasan. Dengan demikian *database* pusat berisi seluruh data mengenai *routing* di dalam jaringan.

Di samping manajemen pusat, prinsip desentralisasi manajemen jaringan tanpa *database* jaringan pusat juga harus menjadi pertimbangan. Alasan untuk hal ini tidak hanya terletak pada aplikasi dengan manajemen jaringan desentralisasi dan manajemen jaringan pusat tingkat tinggi, tetapi ada juga aplikasi-aplikasi lain seperti jaringan lokal atau jaringan akses, fase pengenalan sistem dan perangkat baru dalam jaringan yang ada sekarang.



Gambar 6 Manajemen jaringan

Untuk aplikasi tersebut, yang harus diperhatikan adalah seberapa luas sistem *crossconnect* digunakan sebagai suatu fungsi sentral (simpul jaringan), disamping *mediation device*, *operating system* pusat dan *database*. Ini berarti bahwa simpul jaringan dan seluruh elemen jaringan yang lain menghasilkan data yang sesuai dengan struktur jaringan, dan bahwa simpul jaringan/element jaringan harus menyimpan data-datanya sendiri agar mampu menghasilkan pemetaan jaringan keseluruhan di dalam OS (*operating system*).

KESIMPULAN

SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*) adalah solusi untuk mengatasi masalah perbedaan dua kelompok kecepatan bit dalam sistem penjamakan asinkron dengan berperan sebagai antarmuka yang dapat diterima keduanya. SDH dapat menggabungkan berbagai *type* sinyal yaitu sinyal plesinkron, sinyal asinkron, dan sinyal sinkron. SDH mempunyai keluaran sinyal dengan kecepatan data serial yang sangat besar yaitu 155,52 Mbps, 622,08 Mbps, dan 1.488,32 Mbps, sehingga dapat memaksimalkan kapasitas serat optik. Penjamakan sinkron diterapkan pada jaringan SDH dengan adanya elemen-elemen jaringan yaitu *Terminal Multiplexer*, *Add-Drop Multiplexer (ADM)*, *SDH*

Repeater, dan *Digital Crossconnect (DXC)*. Jaringan SDH akan berfungsi bersama dengan suatu sistem operasi dan pemeliharaan terpusat yang disebut *Telecommunication Management Network (TMN)* terpusat.

DAFTAR PUSTAKA

- Asatani, Koichi, Harrison, Keith R, and Ballart, Ralph. 1990. *CCITT Standardization of Network Node Interface of Synchronous Digital Hierarchy*, IEEE Communication Magazine August 1990
- Balcer, Richard. 1990. *An Overview of Emerging CCITT Recommendation for The Synchronous Digital Hierarchy: Multiplexer, Line Systems, Management, and Network Aspect*. IEEE Communication Magazine August 1990
- Kasai, Hiroyuki. 1990. *Synchronous Digital Transmission System Based on CCITT SDH Standard*. IEEE Communications Magazine August 1990
- Kholistianingsih. 1998. *Sistem Penjamakan pada Hirarki Digital Sinkron*. Skripsi. Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta
- Reid, Andy and Sexton, Mike. 1992. *Transmission Networking: SONET and the Synchronous Digital Hierarchy*. Artech House. Boston